

**Пятинский М.М., Шляхов В.А.**  
**Предварительные результаты интегрированного**  
**экосистемного анализа пелагической экосистемы**  
**Черного моря в водах России**

**Piatinskii M.M., Shlyakhov V.A.**  
**Preliminary study: Integrated ecosystem assessment of pelagic**  
**ecosystem of the Black sea, Russian waters**

*Представлены результаты построения экосистемной модели методом главных компонент – PCA для пелагической экосистемы российских вод Черного моря. Выполнена иерархическая кластеризация и поиск экосистемных сдвигов методом Rodionov. Выявлены 2 экосистемных сдвига в 2003-2004 гг. и 2009-2010 гг. Первый экосистемный сдвиг обусловлен ростом биомассы зоопланктона. Второй экосистемный сдвиг, вероятно, обусловлен эвтрофикацией водоема*

**Ключевые слова:** экосистема, компонентный анализ, Черное море, шпрот, зоопланктон

**Пятинский Михаил Михайлович**

*Ведущий специалист*

*Азово-Черноморский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АзНИИРХ) г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21 В*

**Шляхов Владислав Алексеевич**

*Заведующий лабораторией*

*Азово-Черноморский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АзНИИРХ) г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21 В*

*Preliminary study of integrated ecosystem assessment was shown for Russian waters of the Black sea, performed by PCA. Hierarchical clusterization and regime shift detection by method Rodionov was performed. Two ecosystem regime shifts was detected: in 2003-2004 and 2009-2010 years. First regime shift occurred by zooplankton biomass high-gain. Perhaps, the second regime shift was due to eutrophication*

**Key words:** ecosystem, PCA, Black sea, sprat, zooplankton

**Piatinskii Mikhail Mikhailovich**

*Lead Researcher*

*Azov-Black sea branch of Russian Federal research institute of fisheries and oceanography (AzNIIRKH) Rostov-on-Don, Beregovaya st., 21 V*

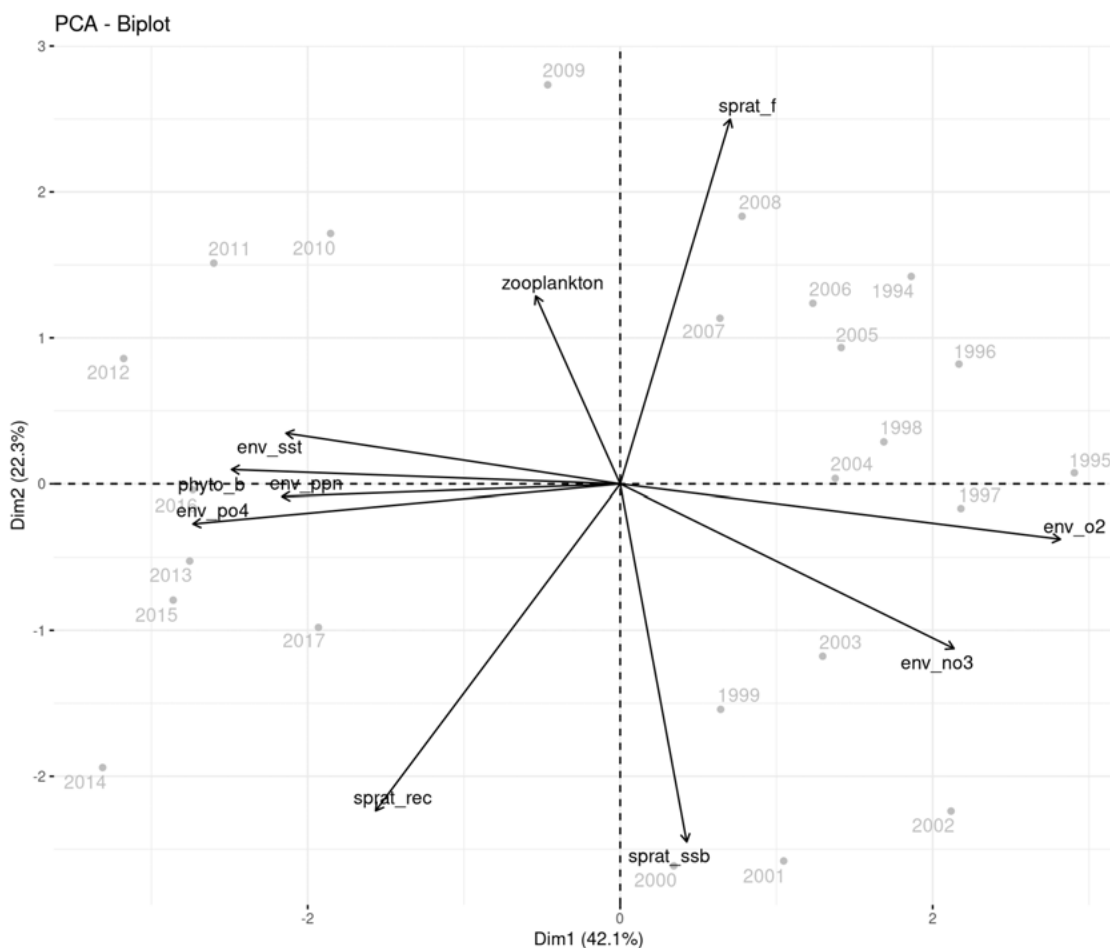
**Shlyakhov Vladislav Alekseevich**

*Head of the laboratory*

*Azov-Black sea branch of Russian Federal research institute of fisheries and oceanography (AzNIIRKH) Rostov-on-Don, Beregovaya st., 21 V*

Пелагическая экосистема Черного моря за всю историю наблюдений претерпела ряд антропогенных изменений. За последние 50 лет основной причиной экосистемных изменений отмечается фактор эвтрофикации водоема и активность промысла [Юнев, 2009; Daskalov, 2017]. Для оценки многолетнего состояния пелагической экосистемы Черного моря была выполнена процедура интегрированного экосистемного анализа. Экосистемный анализ связей факторов среды, трофических цепей питания и факторов эвтрофикации выполнен при помощи метода главных компонент (PCA) [Levin, 2009].

В ходе выполнения процедуры интегрированного экосистемного анализа (далее – IEA, integrated ecosystem assessment) [Levin, 2009] использовались результаты популяционного моделирования черноморского шпрота [Пятинский и др., 2020], результаты построения трехмерной биогеохимической модели проектом Коперник и многолетние данные Азово-Черноморского филиала ВНИРО. Использовались данные за период 1992 – 2018 гг.: среднемноголетняя температура поверхности воды (обозначение – env\_sst), концентрация растворенного кислорода в воде (env\_o2), среднемноголетняя первичная продукция и общая биомасса фитопланктона на единицу площади (env\_ppn и phyto\_b), среднемноголетняя концентрация нитратов и фосфатов (env\_no3 и env\_po4), нерестовая биомасса, численность пополнения и промысловая смертность шпрота (sprat\_ssb, sprat\_rec и sprat\_f соответственно), среднемноголетняя биомасса кормового зоопланктона (zooplankton). Результаты экосистемного моделирования представлены на рис. 1.

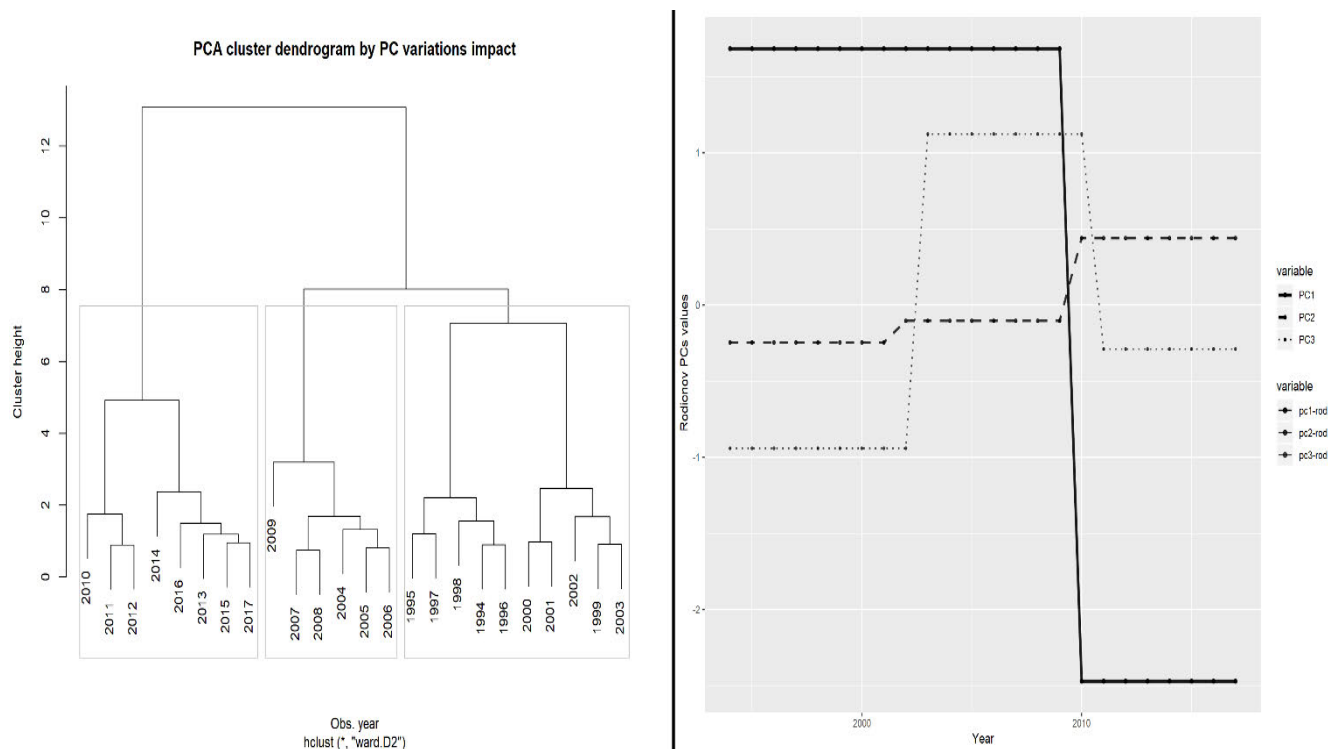


**Рис. 1. Диаграмма 2-х главных компонент экосистемного анализа по результатам построения PCA модели для пелагической экосистемы Черного моря**

Результаты экосистемного моделирования показали, что в совокупности первые 3 компоненты описывают 78% всех исследуемых изменений. Ключевое воздействие на изменения в экосистеме оказывали следующие факторы: содержание растворенного кислорода в воде, факторы эвтрофикации и биомасса фитопланктона. Биомасса запаса шпрота по большей степени зависит от биомассы

кормового зоопланктона (см. рис. 1), что хорошо укладывается в биологический смысл трофической цепи.

Полученные оценки весов ковариационной матрицы PCA были подвергнуты процедуре иерархической кластеризации методом Ward [Ward, 1963] и анализу экосистемных сдвигов методом Rodionov [Rodionov, 2004], рис. 2.



**Рис. 2. Иерархическая кластеризация методом Ward (слева) и анализ экосистемных сдвигов методом Rodionov (справа) величин весов ковариационной матрицы PCA анализа для пелагической экосистемы Черного моря в водах России**

Результаты иерархической классификации и поиска экосистемных сдвигов явно указывают на наличие, как минимум, 2-х кардинальных изменений в структуре пелагической экосистемы Черного моря: в 2003-2004 гг. и 2009-2010 гг. По предварительным оценкам, первый экосистемный сдвиг в 2003-2004 гг. обусловлен резким ростом численности кормового зоопланктона, на фоне сокращения численности хищного гребневика мнемипсиса, второй экосистемный сдвиг в 2009-2010 гг. вызван изменением степени эвтрофикации водоема. В настоящий момент авторы работают над уточнением предварительных результатов.

**Список используемых источников:**

1. Пятинский М.М., Шляхов В.А., Шляхова О.В. Динамика запасов шпрота в Черном море и перспективы его освоения // Вопросы рыболовства, 2020. Т. 21. № 4. С. 396-410.
2. Юнев О.А., Шульман Г.Е., Юнева, Т.В., Мончева С. Соотношение запасов мелких пелагических рыб и биомассы фитопланктона как индикатор состояния экосистемы пелагиали Черного моря // Доклады Академии Наук. 2009. Т. 428. №. 3. С. 426-429.
3. Daskalov G.M., Boicenco L., Grishin A.N., Lazar L., Mihneva V., Shlyakhov V.A., Zengin M. Architecture of collapse: regime shift and recovery in an hierarchically structured marine ecosystem // Global change biology. 2017. Vol. 23. Iss. 4. P. 1486-1498.

4. Levin P.S., Fogarty M.J., Murawski S.A., Fluharty D. *Integrated ecosystem assessments: developing the scientific basis for ecosystem-based management of the ocean* // *PLoS biology*. 2009. Vol. 7. Iss. 1.
5. Ward J.H. *Hierarchical grouping to optimize an objective function* // *Journal of the American statistical association*. 1963. Vol. 58. Iss. 301. P. 236-244.
6. Rodionov S.N. *A sequential algorithm for testing climate regime shifts* // *Geophysical Research Letters*. 2004. T. 31. №. 9.

---

© 2021, Пятинский М.М., Шляхов В.А.

*Предварительные результаты интегрированного экосистемного анализа пелагической экосистемы Черного моря в водах России*

---

© 2021, Piatinskii M.M., Shlyakhov V.A.

*Preliminary study: Integrated ecosystem assessment of pelagic ecosystem of the Black sea, Russian waters*